

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismu strojů

## **Pojízdné schody s pracovní plošinou**

Mobile Stairs with a Work Platform

Student:

Vojtěch Trubák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.



## Zadání bakalářské práce

Student: **Vojtěch Trubák**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin  
Téma: **Pojízdné schody s pracovní plošinou**  
**Mobile Stairs with a Work Platform**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Vypracujte rešerši na zadané téma a navrhnete vlastní konstrukci pojízdných schodů s pracovní plošinou. Pracovní plošina bude dimenzovaná na zátěž dvou osob a s výškou pěti schodů. Schody opatřete zábradlím. Konstrukci proveďte šroubovanou, aby byla pro převoz rozmontovatelná a skladná. Nakreslete sestavný výkres pojízdných schodů a výrobní výkres vybraného dílu.

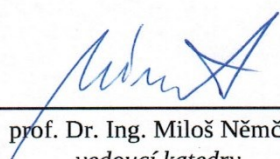
### Seznam doporučené odborné literatury:

Dejl,Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3  
Kaláb,K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8  
Kaláb,K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 128s. ISBN 978-80-248-1860-3  
Leinveber,J.; Vávra,P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7  
Němček,M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. Spojení*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. Ostrava, 2002. 111s. ISBN 978-80-248-1290-8  
Normy, katalogy, prospekty a [www-stranky k dané problematice](http://www-stranky.kdaneproblematice)


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018  
Datum odevzdání: 20.05.2019

  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2019.

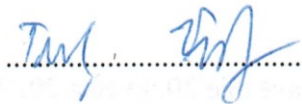


Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou\*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou\*) práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské\*) práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská\*) práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019.



Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Vojtěch Trubák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kozlovice 266 Kozlovice

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

TRUBÁK, V. Pojízdné schody s pracovní plošinou: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismu strojů, 2019, 38 s. Vedoucí práce: Kunzová, I.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením pojízdných schodů s pracovní plošinou. V úvodu je uvedena rešerše v téhle problematice, a vybrané druhy konstrukce. Na základě, již vyráběných řešení je zvolena dále řešená konstrukce. Navržená konstrukce je dále kontrolována analytickými výpočty a pomocí software MKP. Kontrola nosníku a svarů plošiny, zábradlí, spodního rámu a nášlapu schodů. V příloze je uveden výrobní výkres spodního rámu a sestava pracovní plošiny.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

TRUBÁK, V. Mobile Stairs with a Work Platform : Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2019, 38 p. Thesis head: Kunzová, I.

Bachelor thesis deals with construction design of mobile stairs with working platform. In introduction is mentioned recherche about this problematic and chosen construction. Based on currently maintained designs, new design concept is further investigated. Designed construction is then controlled by analytic calculations and by FEM software. Control of beam and platform welds, guardrail, lower frame and treads of stairs. Attachments contain manufacturing drawing of lower frame and assembly of work platform.

## Obsah

Seznam použitých značek a zkratk.....	7
---------------------------------------	---



1 Úvod.....	11
1.1 Cíle práce.....	11
2 Zásady pro práci osob ve výškách.....	12
2.1 Podlahy lávek, plošin a schodnic dle [1] .....	12
2.3 Zábradlí a madla .....	13
3 Rešerše .....	14
3.1 Pojízdné schody s pracovní plošinou: stavebnicová konstrukce .....	14
3.2 Pojízdné schody s pracovní plošinou: svařovaná a šroubovaná konstrukce .....	16
3.3 Mobilní plošina s nastavitelnou výškou pracovní plošiny.....	17
4 Návrh konstrukčního řešení .....	18
4.1 Varianta 1 .....	18
4.2 Varianta 2 .....	18
4.3 Výběr vhodné varianty .....	19
5 Výpočty .....	20
5.1 Výpočty zatěžujících sil.....	20
5.2 Kontrolní výpočty zábradlí .....	20
5.3 Kontrolní výpočty horní plošiny .....	24
5.4 Kontrola noh plošiny na vzpěr.....	29
5.5 Kontrolní výpočty nášlapu schodiště.....	30
5.6 Pevnostní kontrola nášlapu schodů s využitím softwaru.....	32
5.7 Kontrola spodního rámu .....	35
6 Závěr.....	37
7 Použité zdroje.....	38
8 Přílohy.....	39

## Seznam použitých značek a zkratek

Označení	Popis veličiny	Jednotka
----------	----------------	----------

a	příčné vzpěry horní plošiny	mm
a <sub>hn</sub>	nosníku horní plošiny	mm
a <sub>s</sub>	podélné vzpěry horní plošiny	mm
a <sub>sp</sub>	spodního rámu	mm
a <sub>z</sub>	Zábradlí	mm
B	Venkovní rozměr šířky trubky	mm
b	Vnitřní rozměr šířky trubky	mm
b <sub>nš</sub>	Šířka nášlapu schodů	mm
b <sub>sp</sub>	Délka spodního rámu k působící síle	mm
b <sub>z</sub>	Rameno od šroubu po klopný bod	mm
c <sub>sp</sub>	Délka spodního rámu k působící síle	mm
c <sub>z</sub>	Rozměr mezi šrouby na zábradlí	mm
d <sub>2</sub>	Střední průměr závitu	mm
d <sub>3</sub>	Malý průměr závitu	mm
d <sub>z</sub>	Rameno od působící síly k šroubům zábradlí	mm
d <sub>zs</sub>	Vnitřní rozměr trubky zábradlí	mm
D <sub>z</sub>	Venkovní rozměr trubky zábradlí	mm
E <sub>hliník</sub>	Modul pružnosti v tahu hliníku	Mpa
F <sub>1</sub>	Maximální síla při zátěži 2 osob	N
F <sub>2</sub>	Síla při zátěži 1 osoby	N
F <sub>krit</sub>	Kritická síla vypočtena ze vzpěru na nohu	N
F <sub>m1</sub>	Síla na šroub	N
F <sub>m2</sub>	Síla na šroub	N
F <sub>oz</sub>	Obvodová síla šroubu	N
F <sub>pz</sub>	Přídavná síla na zábradlí pro šrouby	N
F <sub>z</sub>	Síla zatěžující zábradlí	N
F <sub>zt</sub>	Síla zatěžující jednu nohu	N
f	Součinitel tření mezi materiály	-
f <sub>z</sub>	Součinitel tření v závitu	-
g	Gravitační zrychlení	Kg.m <sup>-2</sup>
H	Venkovní rozměr výšky trubky	mm
h	Vnitřní rozměr výšky trubky	mm
h <sub>sp</sub>	Výpočtová délka svaru spodního rámu	mm
I <sub>MIN</sub>	Minimální kvadratický moment	mm <sup>4</sup>
I <sub>X</sub>	Kvadratické momenty k ose x	mm <sup>4</sup>
I <sub>Y</sub>	Kvadratické momenty k ose y	mm <sup>4</sup>
i	Poloměr setrvačnosti	m
i <sub>sv</sub>	Počet svarů	-
i <sub>svp</sub>	Počet svarových ploch	-
k <sub>3</sub>	Součinitel převodu koutového svaru	-
k <sub>s</sub>	Statická bezpečnost	-
k <sub>š</sub>	Výsledná bezpečnost šroubu	-
l	Výpočtová délka svaru příčné vzpěry horní plošiny	mm
l <sub>nš</sub>	Délka nášlapu schodu	mm
l <sub>sp</sub>	Délka nosníku spodního rámu	mm
l <sub>š</sub>	Výpočtová délka svaru nášlapu schodu	mm
l <sub>svhn</sub>	Výpočtová délka svaru nosníku horní plošiny	mm
L	Délka svaru příčné vzpěry horní plošiny	mm
L <sub>h</sub>	Délka svaru	mm
L <sub>hn</sub>	Délka nosníku horní plošiny	mm



$L_{red}$	Redukovaná délka	mm
$L_{nš}$	Délka nášlapu schodu	mm
$L_{pv}$	Délka příčné vzpěry	mm
$L_{hpv}$	Délka podélné vzpěry	mm
$L_{lsvh}$	Délka svaru nosníku horní plošiny	mm
$L_{sv}$	Délka svaru nášlapu schodu	mm
$L_{zs}$	Délka nosníku zábradlí	mm
$L_{zv}$	Délka zábradlí mezi profil	mm
$m_l$	Hmotnost zatížení 1 osoby	kg
$m_c$	Hmotnost celková	kg
$m_p$	Hmotnost plošiny se zábradlím	kg
$m_s$	Hmotnost schodiště	kg
$R_e$	Mez kluzu materiálu	MPa
$R_{eš}$	Mez kluzu šroubu	MPa
$S$	Obsah	mm <sup>2</sup>
$S_n$	Obsah nohy	mm <sup>2</sup>
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	mm <sup>3</sup>
$W_{ohn}$	Modul průřezu v ohybu u svislé trubky zábradlí	mm <sup>3</sup>
$W_{ohpv}$	Modul průřezu v ohybu u vodorovné trubky zábradlí	mm <sup>3</sup>
$W_{opnš}$	Modul průřezu v ohybu svaru zábradlí	mm <sup>3</sup>
$W_{opv}$	Modul průřezu v ohybu nosníku horní plošiny	mm <sup>3</sup>
$W_{ososhn}$	Modul průřezu v ohybu svaru HP	mm <sup>3</sup>
$W_{osp}$	Modul průřezu v ohybu u příčné vzpěry	mm <sup>3</sup>
$W_{ossp}$	Modul průřezu v ohybu svaru příčné vzpěry	mm <sup>3</sup>
$W_{osvpv}$	Modul průřezu v ohybu u podélné vzpěry	mm <sup>3</sup>
$W_{osvz}$	Modul průřezu v ohybu nášlapu schodu	mm <sup>3</sup>
$W_{osz}$	Modul průřezu v ohybu svaru nášlapu	mm <sup>3</sup>
$W_{ovz}$	Modul průřezu v ohybu spodního rámu	mm <sup>3</sup>
$W_{oy}$	Modul průřezu v ohybu plechu nášlapu	mm <sup>3</sup>
$t_z$	Rozměr svaru u zábradlí	mm
$t_{hn}$	Rozměr svaru u nosníku horní plošiny	mm
$t_h$	Rozměr svaru u podélné vzpěry	mm
$t_p$	Tloušťka plechu nášlapu	mm
$B_s$	Součinitel tloušťky koutového svaru	-
$\lambda$	Štíhlost prutu	-
$\lambda_{mez}$	Mezní štíhlost prutu	-
$\pi$	Konstanta Ludolfovo číslo	-
$\sigma_o$	Ohybové napětí	MPa
$\sigma_{ohn}$	Ohybové napětí u svislé trubky zábradlí	MPa
$\sigma_{ohpv}$	Ohybové napětí u vodorovné trubky zábradlí	MPa
$\sigma_{opnš}$	Ohybové napětí svaru zábradlí	MPa
$\sigma_{opv}$	Ohybové napětí nosníku horní plošiny	MPa
$\sigma_{ososhn}$	Ohybové napětí svaru HP	MPa
$\sigma_{osp}$	Ohybové napětí u příčné vzpěry	MPa
$\sigma_{ossp}$	Ohybové napětí svaru příčné vzpěry	MPa
$\sigma_{osvpv}$	Ohybové napětí u podélné vzpěry	MPa
$\sigma_{osvz}$	Ohybové napětí nášlapu schodu	MPa
$\sigma_{osz}$	Ohybové napětí svaru nášlapu	MPa
$\sigma_{ovz}$	Ohybové napětí spodního rámu	MPa
$\sigma_{oy}$	Ohybové napětí plechu nášlapu	MPa

$\sigma_{red}$	Redukované napětí ve svaru	MPa
$\tau_{II}^{M_o}$	Napětí ve svaru u ohybu u zábradlí	MPa
$\tau_I^{F_z}$	Napětí ve svaru u smyku od síly $F_z$	MPa
$\tau_I^{F_1}$	Napětí ve svaru u smyku od síly $F_1$	MPa
$\tau_{II}^{M_{ohn}}$	Napětí ve svaru u ohybu nosníku horní plošiny	MPa
$\tau_{II}^{M_{opv}}$	Napětí ve svaru u ohybu příčné vzpěry	MPa
$\tau_I^{F_2}$	Napětí ve svaru u smyku od síly $F_2$	MPa
$\tau_{II}^{M_{oš}}$	Napětí ve svaru u ohybu nášlapu	MPa
$\tau_I^{F_{zt}}$	Napětí ve svaru u smyku od síly na nohu	MPa
$\tau_{II}^{M_{osp}}$	Napětí ve svaru u ohybu spodního rámu	MPa
$\varphi$	Třecí úhel v závitu	-
$\psi$	Úhel stoupání závitu	-

# 1 Úvod

Úkolem této práce je navrhnout pojízdné schody s pracovní plošinou. Konstrukční řešení pojízdné plošiny by mělo být rozebíratelné na části. S těmito částmi se musí snadno manipulovat, lehce transportovat a dobře skladovat. Rozebíratelné díly budou spojovány pomocí šroubových spojů. Horní plošina má být dimenzována pro zátěž dvou osob případně s náradím nebo s montážními díly. Tedy pro největší celkové zatížení maximálně 300 kg. Výška pracovní plošiny by měla být na výšku 5 schodů to je 1300 mm. Zábradlí bude ze třech stran pracovní plošiny a po obou stranách schodů z důvodů bezpečnosti.

## 1.1 Cíle práce

Cílem této práce je navrhnout a zkonstruovat pojízdnou pracovní plošinu, která nebude náročná na údržbu. Zařízení, které bude splňovat bezpečnostní podmínky pro práci ve výškách.

- zásady pro práci osob ve výškách,
- rešerše,
- návrh konstrukčního řešení,
- pevnostní výpočty kritických míst konstrukce,
- výkres sestavy pojízdných schodů
- výrobní výkres ....

## **2 Zásady pro práci osob ve výškách**

Při zpracování těchto zásad byly využity normy [1], [2] a Výzkumného ústavu bezpečnosti Práce [3]

„Za práci ve výšce a nad volnou hloubkou se považuje práce a pohyb pracovníka, při kterém je pracovník ohrožen pádem z výšky, do hloubky, propadnutím nebo sesutím. Jedná se o jakoukoliv výšku, kdy pracoviště či komunikace převyšuje okolní prostranství a případným pádem, hrozí nebezpečí poškození zdraví. Z těchto důvodů je nutné zajišťovat ochranu pracovníků proti pádu do výškového rozdílu 1,5 m. Způsob zabezpečení není stanoven (pokud se nejedná o činnosti nad vodou nebo jinými látkami), každá práce či pohyb pracovníka v této úrovni však vyžaduje náležitou pozornost. Jako vyvýšená místa pro práci se však nesmí používat vratké předměty o nedostatečných rozměrech, nebo takové, které nejsou k tomuto účelu určeny. Každé pracoviště, kde hrozí nebezpečí pádu z větší výšky než 1,5 m a kde je možno použít technický způsob řešení, musí být na nebezpečných místech chráněno ochranným zábradlím. Zábradlí musí splňovat minimální výšku 1,1 m – do 2 m výšky jednotýčovým, nad 2 m dvoutýčovým zábradlím.“

Před pádem je nutno chránit nejen pracovníky, ale i veškerý materiál, nářadí a pomůcky. Musí být zajištěno po celou dobu manipulace na plošině, aby byly zajištěny proti pádu, sklouznutí nebo shození a tím pádem možným ohrožením někoho pod manipulačním prostorem.

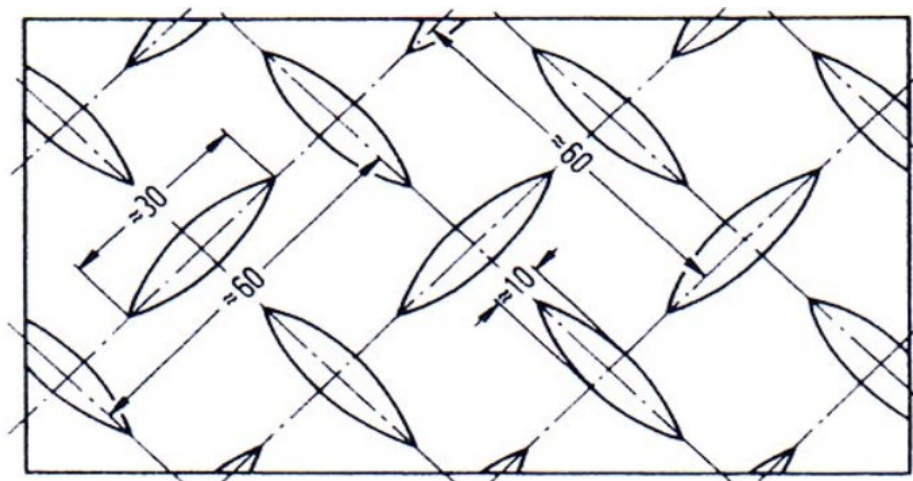
### **2.1 Podlahy lávek, plošin a schodnic dle [1]**

Podlahy a povrch průchozích a obslužných lávek, plošin, opěradel stupnic schodišť a žebříků musí být proveden tak, aby byla omezena možnost zakopnutí.

U plošin a schodišť jeřábu vystaveným povětrnostním vlivům, musí být zabráněno shromažďování sněhu a zadržování vody na podlaze použitím ocelových roštů, případně plechů na vhodných místech s vyvrtanými otvory kruhového nebo čtvercového tvaru.

Sklon podlahy a použití dřevěných roštů není přípustné.

Pro použití ve vnitřních prostorech je dovoleno požití žebrovaných plechu nebo jiné protiskluzné plechy. Viz obr. 2.1



Obr. 2.1 lístkový plech [4]

## 2.3 Zábradlí a madla

Výška zábradlí u pracovní plošiny a schodiště je dána tabulkou Tab.1.

Tab. 2.1 – Rozdělení výšky trvalého zábradlí dle normy ČSN 74 3305[2]

	Výška h [mm]	Použití
snížená	900	hloubka volného prostoru $d \leq 3$ m
základní	1000	hloubka volného prostoru $3 \text{ m} \leq d < 12$ m
zvýšená	1100	hloubka volného prostoru $d > 12$ m
zvláštní	1200	hloubka volného prostoru $d > 30$ m

### 3 Rešerše

Při průzkumu trhu pro problematiku pojízdných schodů s pracovní plošinou jsem narazil na různá řešení konstrukcí. Konstrukční řešení pomocí spojování stavebnicových dílů při použití prefabrikovaných spojovacích součástí. Tyto konstrukce jsou variabilní jak v rozměrech pracovní plošiny, tak i možnosti přidání nášlapných stupňů. Tím je možnost dosažení různé výšky plošiny za předpokladu přepracování celé konstrukce a navrhování nových dílů. Těchto provedení je na trhu velké množství od různých výrobců.

Pak jsou svařované konstrukce, které se spojeny pomocí šroubů. Tohoto typu provedení se na trhu neobjevuje zdaleka tolik jako stavebnicových konstrukcí. Z důvodu složitější výroby dílů a celé konstrukce. Tyto konstrukce mají především výhodu, že se dají vyrobit z jednoduše dostupných profilů. Jsou vhodné především pro kusovou výrobu.

Konstrukce se také liší v provedení schodů. Nejčastější provedení je se schodištěm na jedné straně a oboustranným zábradlím. Druhé řešení je oboustranné schodiště se zábradlím. Třetí varianta je bez schodiště, výstup na pracovní plošinu je možný po postranních žebřících.

Na trhu jsou různá provedení řešení pohybu plošiny. Plošiny se čtyřmi kolečky, které jsou otočné. Většinou jsou 2 kolečka otočné s brzdou a dvě pevné, které se dají také někdy zabrzdit. Dále mohou být se dvěma kolečky, které jsou pevné a nedají se zabrzdit ani otáčet. Druhá strana je pevná a leží na zemi. Pro přesunutí plošiny se musí strana bez koleček nadzvednout a převézt na nové místo. Tohle řešení je pro malé lehké plošiny.

#### 3.1 Pojízdné schody s pracovní plošinou: stavebnicová konstrukce

##### Schody s plošinou, pojízdné od firmy Zarges [5]

„Mobilní přístupová nebo pracovní plošina s pohodlným výstupem. Ideální pro déletrvající práce i s náradím a s častou změnou pracovního místa. Velká plošina se zábradlím pro bezpečnou a ergonomickou práci ve výškách.“ Pojezd je zajištěn dvěma otočnými kolečky s brzdou a dvěma pevnými s brzdou.

- volitelný sklon schodiště 45° nebo 60° pro zúžený prostor,
- volitelná šířka schodiště 600 mm 800 mm nebo 1000 mm,
- volitelná výška plošiny dle počtu schodů 5 - 20, výška 1070 mm - 4510 mm,
- povrch plošiny a schodů s rýhovaného hliníku, ocelového roštu a ocelového děrovaného plechu pro lepší protiskluznost,

- různá variabilita délek plošin, s možností vyložení plošiny pro přemostění překážek, délka plošiny je spojena s počtem schodu
- volitelná konfigurace zábradlí, možnost dvířek nebo závory v prostoru schodiště,
- rychlá a jednoduchá montáž, odnímatelné zábradlí bez použití nářadí,
- možnost provedení elektrický vodivého podvozku



Obr 3.1 Pojízdne schody s plošinou-Zarges 40255764 [5]

### **Schody s plošinou pojízdné od firmy Emkol Litomyšl [6]**

Pracovní pojízdná plošina s jednoduchou modulovou konstrukcí. Konstrukce jde zakoupit v různých výškových rozměrech dle počtu schodů. Variabilní je šířka schodiště a rozměry podesty. Zábradlí je na obou stranách u schodiště a u podesty ze všech tří stran. Všechna zábradlí jsou odnímatelná. Pojezd je zajištěn dvěma koly otočnými s brzdou a dvěma koly pevné s brzdou.

- počet schodišťových stupňů 5 - 15, dle svislé výšky 650 mm - 3750 mm,
- sklon schodiště 60° nebo 45°,
- povrch podesty a schodišťových stupňů hliníkový, nebo ocelový zinkovaný rošt,
- délka plošiny 400 mm - 2000 mm, lze kombinovat po 200 mm
- možnosti zábradlí na schodišti a podestě oboustranné nebo jednostranné nebo bez,
- konce plošiny volný, se závorou nebo s dveřmi





Obr. 3.2 Pojízdné schody s plošinou-Emkol[6]

### 3.2 Pojízdné schody s pracovní plošinou: svařovaná a šroubovaná konstrukce

#### Schody s plošinou XXL od firmy EUROKRAFT [7]

Konstrukce je vyrobená z normalizovaných profilů. Normalizované profily jsou spojovány pomocí svařování a pomocí spojek. Spojky jsou připevněny pomocí šroubu. Konstrukce schodiště je vyrobená převážně z ocelových obdélníkových trubek. Zábradlí je vyrobeno z ohýbaných trubek. Spojené je pomocí spojek a šroubů mezi sebou, k rámu je přišroubováno. Pohyb zajišťují dvě pevná kola a dvě otočná.

- úhel schodiště 48° pohodlný výstup,
- možnost konfigurace nášlapu schodišťových stupňů hliníkový protiskluzný plech nebo ocelový rošt,
- kolečka které nezanechávají stopy na podlaze,
- možnost různý počet schodišťových stupňů 2 - 7, podle výšky 609 mm - 1609 mm, celková výška i se zábradlím 1719 mm - 2719 mm,
- celková délka schodu dle počtu schodů 1790 mm - 2651 mm.
- jednoduchá montáž
- ochranný plech nad podestou, který brání proti spadnutí náradí poleženého na podestě
- možnost místo zábradlí zakoupit dveře,



Obr.3.3 Schody s plošinou XXL-Eurokraft [7]

### 3.3 Mobilní plošina s nastavitelnou výškou pracovní plošiny

#### Mobile Self Leveling Stair Work Platform od firmy Industrial Stairs [8]

Výškově nastavitelná plošina je vyrobena z kombinace materiálu hliníku, pozinkované oceli a nerezové oceli. Kombinace materiálu umožňuje použití nejen ve vnitřních prostorech ale i venkovních, to za jakéhokoli počasí. Plošina umožňuje různé nastavení výšky díky mechanismu, který zvedá a snižuje celou plošinu a dohází ke změně sklonu schodiště. Nastavení pomáhají plynové pružiny.

- velká pracovní plošina 609 mmx910 mm,
- výškově nastavitelná plošina,
- různý sklon schodiště dle nastavené výšky,
- mobilní – použití 4 koleček otočných s brzdou
- maximální zatížení 270 Kg



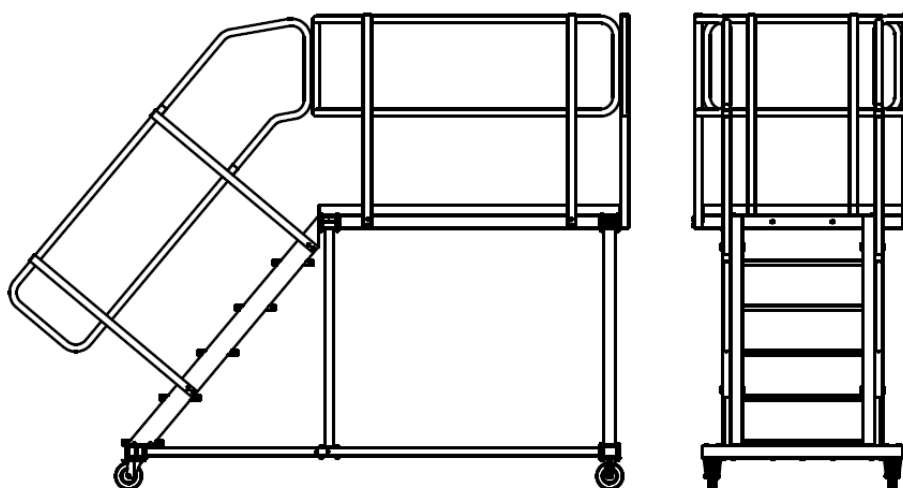
Obr. 3.4 Mobile self leveling stair work platform – G serie – Industrial Stairs [8]

## 4 Návrh konstrukčního řešení

Navrhnuté řešení by mělo splňovat jednoduchou montáž a demontáž. Jednotlivé díly by neměly být příliš těžké a prostorově náročné pro snadnou manipulovatelnost. Celá konstrukce by neměla být těžká, tudíž použití lehkých slitin oproti oceli.

### 4.1 Varianta 1

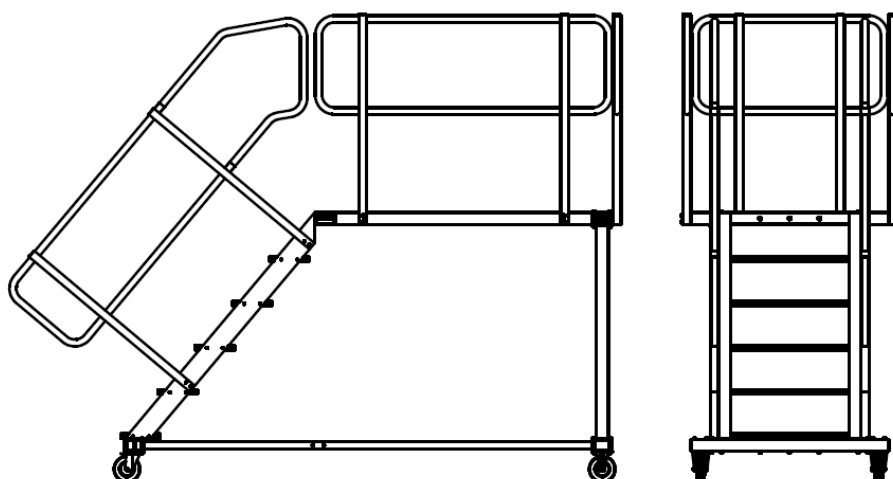
Konstrukce se skládá z normalizovaných hliníkových profilů obdélníkových a čtvercových trubek. Zábradlí je navrženo z kruhové trubky a přišroubováno pomocí šroubu M8. K pojezdu je použito čtyřech koleček, dvě pevná a dvě otočná s brzdou. V této variantě jsou navrženy 4 stojné nohy kvůli jednoduší montáži. Jednotlivé schodové stupně jsou tvořeny pomocí ráků z čtvercových trubek a přivařeny k ráků. Povrch nášlapů schodu je z protiskluzového (lístkového) hliníkového plechu. Stejný plech je navržen i na horní podestu. Horní podesta je opatřena dokola plechem, aby bylo zabráněno pádu nářadí nebo montážních dílů.



Obr. 4.1 Varianta 1

### 4.2 Varianta 2

Zábradlí je navrženo z hliníkových čtyřhranných trubek a to je přišroubováno pomocí šroubu M6 do rámu. Další díly konstrukce se skládají z normalizovaných hliníkových profilů obdélníkových a čtvercových trubek. Na povrch horní plošiny je navržen ocelový zinkovaný podlahový rošt. Konstrukce noh se skládá ze dvou noh a schodiště. K pojezdu slouží 4 otočná kolečka, dvě s brzdou.

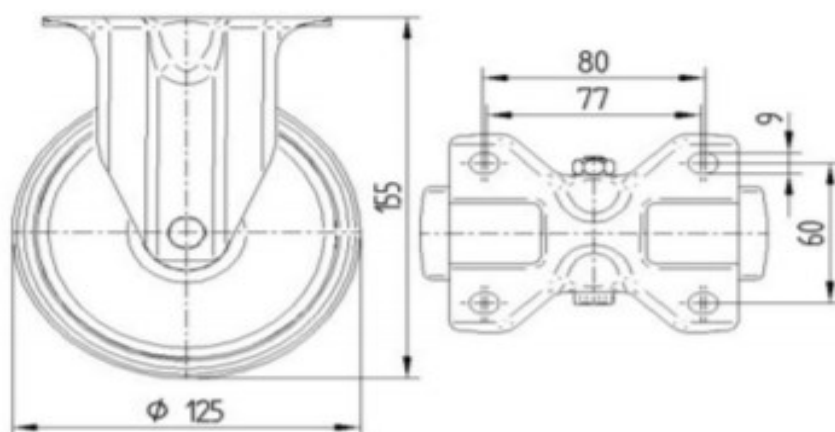


Obr. 4.2 Varianta 2

### 4.3 Výběr vhodné varianty

Vybrané konstrukční řešení jde vidět na obrázku 4.1. Tento návrh konstrukce bude dále zpracováván. Pro tuto variantu bylo rozhodnuto z hlediska jednoduché montáže, protože k sestavení postačí jedna osoba. Varianta 1 obsahuje o dvě stojny více než u varianty 2. Hmotnost konstrukce bude menší kvůli použití plechu místo roštů. Rozměry horní plošiny byly předběžně stanoveny na 1500 mm x 1000 mm. Maximální zatížení plošiny 300 kg.

Pojezd bude zajištěn kolečky o průměru 125 mm, dvě pevné a dvě otočné s brzdou, viz [9]. Tyto kola se budou kupovat. Mají nosnost statickou 300 kg, dynamickou nosnost 100 kg. Šířka kola 37 mm, stavební výška 155 mm. Kolo bude připevněno k rámu pomocí 4 šroubů M8.



Obr. 4.3 Kolečko transportní [9]

## 5 Výpočty

### 5.1 Výpočty zatěžujících sil

Zatěžující síly jsou dány maximální hmotností dvou osob plus nářadí nebo montážní materiál  $m_c=300$  Kg. Druhá zatěžující síla je určena od jedné osoby plus nářadí  $m_1=150$  Kg. Síla působící na zábradlí při opření je přibližně stanovena na  $F_z=400$  N.

$$F_1 = m_c \cdot g = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ [N]}$$

$$F_2 = m_1 \cdot g = 150 \cdot 9,81 = 1471 \text{ [N]}$$

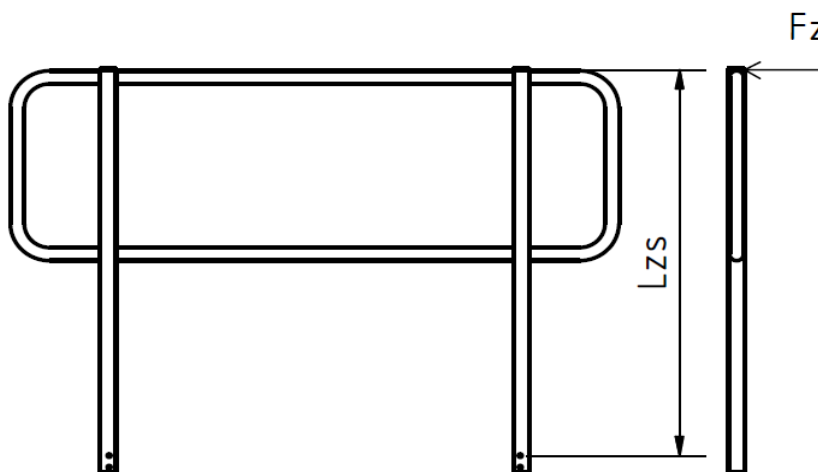
$$F_z = 400 \text{ [N]}$$

### 5.2 Kontrolní výpočty zábradlí

**Kontrola ohybového napětí čtyřhranné trubky svislé u zábradlí**

TR 4HR 40x3 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál A6060 ČSN 424086  $R_e=215$ [MPa] viz [11]

Statickou bezpečnost nosníků a profilu uvažujeme  $k_s=1,5$ , statickou bezpečnost všech svarů uvažujeme  $k_s=1,7$ .



Obr.5.1 Působení síly kolmé na zábradlí

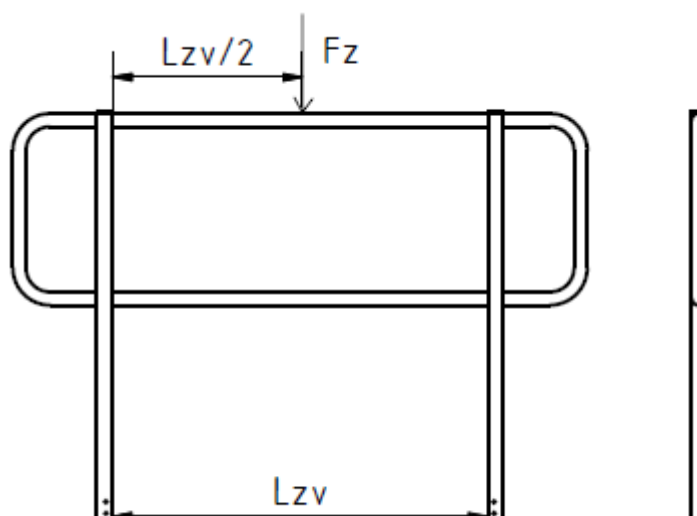
$$\sigma_{osz} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{F_z \cdot L_{zs}}{2 \cdot w_{osz}} = \frac{400 \cdot 915}{2 \cdot 5098,6} = 39,9 \text{ [MPa]} < \sigma_{odov} \quad \text{vyhovuje} \quad (5.1)$$

$$w_{osz} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{40 \cdot 40^3 - 34 \cdot 34^3}{6 \cdot 40} = 5098,6 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (5.2)$$

$$\sigma_{odov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{215}{1,5} = 143 \text{ [Mpa]}$$

### Kontrola ohybového napětí kruhové trubky vodorovné u zábradlí

TR KR 40x3 ČSN EN 755-6 viz [10], materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215$ [MPa] viz [11].



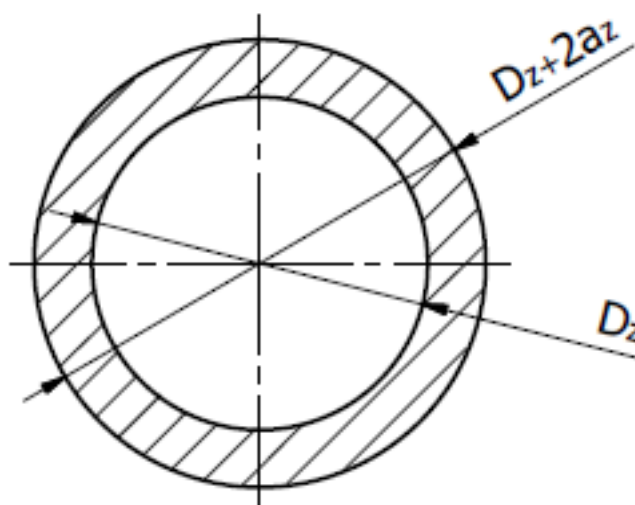
Obr. 5.2 Působení síly na zábradlí

$$\sigma_{ovz} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{F_z \cdot L_{zv}}{4 \cdot w_{ovz}} = \frac{400 \cdot 980}{4 \cdot 2569,1} = 38,1 \text{ [MPa]} < \sigma_{odov} \quad \text{vyhovuje} \quad (5.3)$$

$$w_{ovz} = \frac{\pi \cdot (D_z^3 - d_{zs}^3)}{16} = \frac{\pi \cdot (35^3 - 31^3)}{16} = 2569,1 \text{ [mm}^3] \quad (5.4)$$

### Kontrola svaru na zábradlí

Působení síly na zábradlí pro kontrolu svaru, viz obr. 5.2.



Obr.5.3 kruhový průřez svaru zábradlí

### Kontrola na smyk

$$\tau_I^{F_z} = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_z}{2}}{\frac{\pi}{4}((D_z + 2a_z)^2 - D_z^2)} = \frac{\frac{400}{2}}{\frac{\pi}{4}((35 + 2 \cdot 2)^2 - 35^2)} = 0,5 [MPa] \quad (5.5)$$

### Kontrola na ohyb

$$\tau_{II}^{M_o} = \frac{M_o}{w_{osvz}} = \frac{\frac{F_z \cdot L_{zv}}{2}}{w_{osvz}} = \frac{\frac{400 \cdot 980}{2}}{2046,1} = 47,9 [MPa] \quad (5.6)$$

$$w_{osvz} = \frac{\frac{\pi}{64}((D_z + 2 \cdot a_z)^4 - D_z^4)}{\frac{D_z}{2} + a_z} = \frac{\frac{\pi}{64}((35 + 2 \cdot 2)^4 - 35^4)}{\frac{35}{2} + 2} = 2046,1 [mm^3] \quad (5.7)$$

### Výsledná bezpečnost svaru

Materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e = 215 [MPa]$  viz [11]

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{II}^{M_{os}}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_I^{F_z}}{k_3}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{47,9}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{0,75}\right)^2} = 63,9 [MPa] \quad (5.8)$$

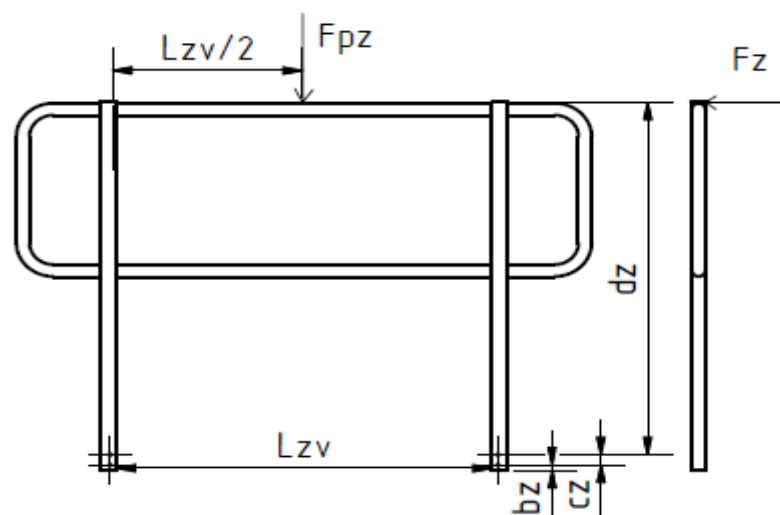
$$\sigma_{red} \leq \beta_{sz} \cdot \frac{R_{e \text{ hliník}}}{k_s} \rightarrow 63,8 \leq 1,2157 \cdot \frac{215}{1,7} \rightarrow 63,9 \leq 153,7 \text{ vyhovuje} \quad (5.9)$$

$k_3 = 0,75$ , pro ruční svařování viz [13].

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot t_z = 1,3 - 0,03 \cdot 2,82 = 1,2157 [-] \quad (5.10)$$

$$t_z = 1,41 \cdot a_z = 1,41 \cdot 2 = 2,82 [mm] \quad (5.11)$$

### Kontrola šroubového spojení

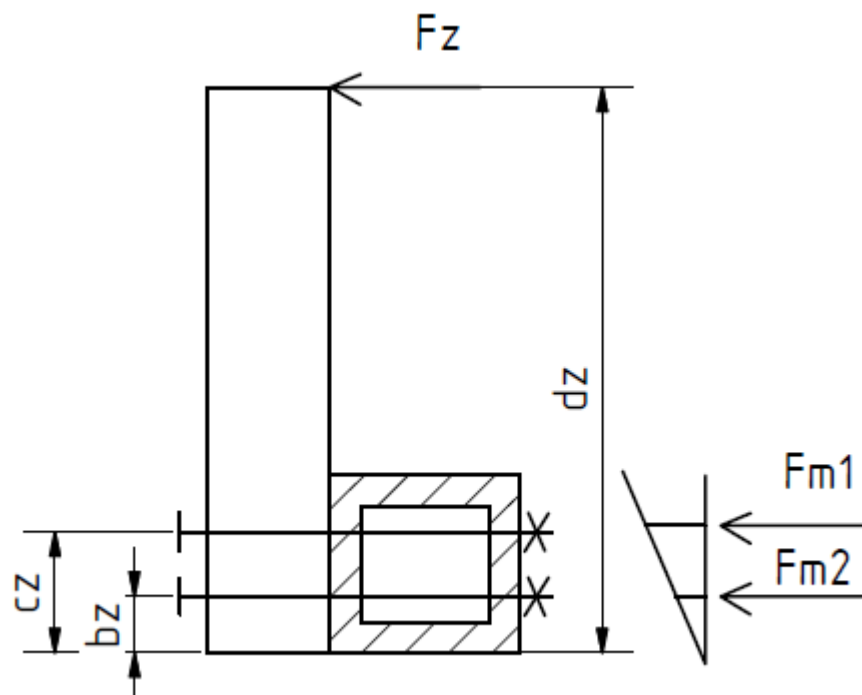


Obr. 5.4 Působení síly na zábradlí pro šroubový spoj



## Výpočet osově síly šroubu $F_{oz}$

Vzorce byly využity z literatury [12], hodnoty rozměrů šroubu z literatury [13].



Obr. 5.5 Rozklad působící síly na šrouby

$$\begin{aligned} \frac{F_z}{2} \cdot (b_z + c_z + d_z) &= F_{M1} \cdot (b_z + c_z) + F_{M2} \cdot b_z & \frac{F_{M1}}{b_z + c_z} &= \frac{F_{M2}}{b_z} \\ \frac{F_z}{2} \cdot (b_z + c_z + d_z) &= F_{M1} \cdot \left( (b_z + c_z) + \frac{b_z}{b_z + c_z} \right) & F_{M2} &= \frac{F_{M1} \cdot b_z}{b_z + c_z} \\ F_{M1} &= \frac{\frac{F_z}{2} \cdot b_z + c_z + d_z}{(b_z + c_z) + \frac{b_z}{b_z + c_z}} = \frac{\frac{400}{2} \cdot 15 + 30 + 915}{(15 + 30) + \frac{15}{15 + 30}} = 4235,3 [N] \end{aligned} \quad (5.12)$$

Sílu navýšíme o kolmou sílu k ose šroubu a to z důvodu zatížení zábradlí nějakým lehkým břemenem. Kolmá síla  $F_{pz}=400 [N]$ . Počet šroubu držící zábradlí 4xM8.

$$F_{oz} = F_{M1} + \frac{k \cdot \frac{F_{pz}}{4}}{f} = 4235,3 + \frac{1,3 \cdot \frac{400}{4}}{0,2} = 4885,3 [N] \quad (5.13)$$

## Výpočet napětí ve šroubu

$$\sigma_{tz} = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F_o}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 4885,3}{\pi \cdot 6,464^2} = 148,8 [MPa] \quad (5.14)$$

$$\tau_{kz} = \frac{M_k}{w_k} = \frac{F_o \cdot tg(\varphi' + \psi) \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{4885,3 \cdot tg(13,004 + 3,168) \cdot \frac{7,188}{2}}{\frac{\pi \cdot 6,464^3}{16}} = 88,3 [MPa] \quad (5.15)$$

$$\psi = \arctg\left(\frac{p_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{1,25}{\pi \cdot 7,188}\right) = 3,168[^\circ] \quad (5.16)$$

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha_z}{2}\right)}\right) = \arctg\left(\frac{1,25}{\pi \cdot 7,188}\right) = 13,004[^\circ] \quad (5.17)$$

Podmínka samosvornosti šroubu

$$\varphi' \geq \psi \rightarrow 13,004 \geq 3,168$$

Šroub je samosvorný

### Výpočet výsledné bezpečnosti šroubu

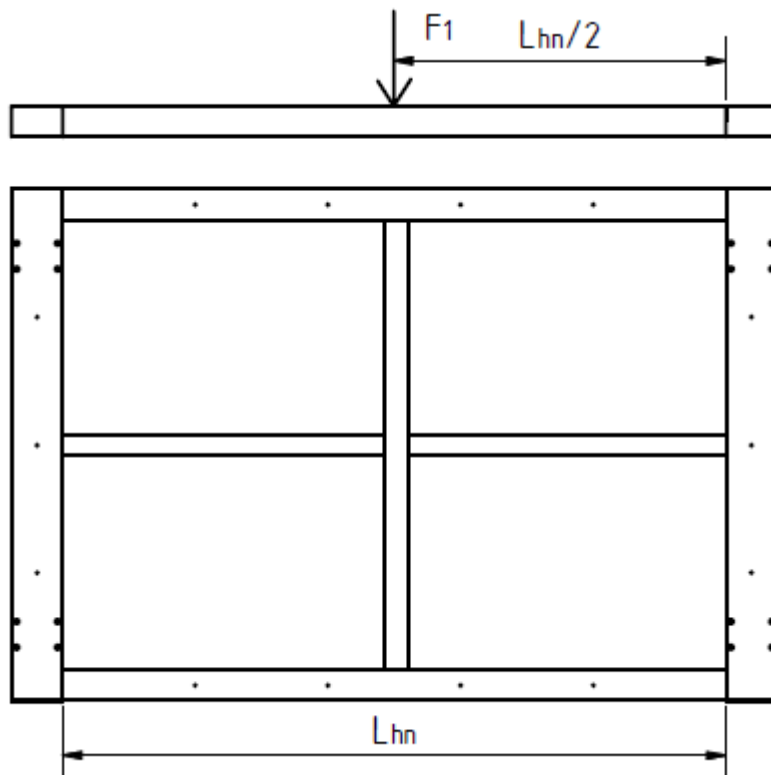
Pevnostní třída šroubu 8.8.

$$\sigma_{redš} = \sqrt{\sigma_{tz}^2 + 4 \cdot \tau_{kz}^2} = \sqrt{148,8^2 + 88,3^2} = 230,8[MPa] \quad (5.18)$$

$$k_{\text{š}} = \frac{Re_{\text{š}}}{\sigma_{redš}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10}{230,8} = 2,78 \quad (5.19)$$

## 5.3 Kontrolní výpočty horní plošiny

### Kontrola ohybového napětí nosníku horní plošiny



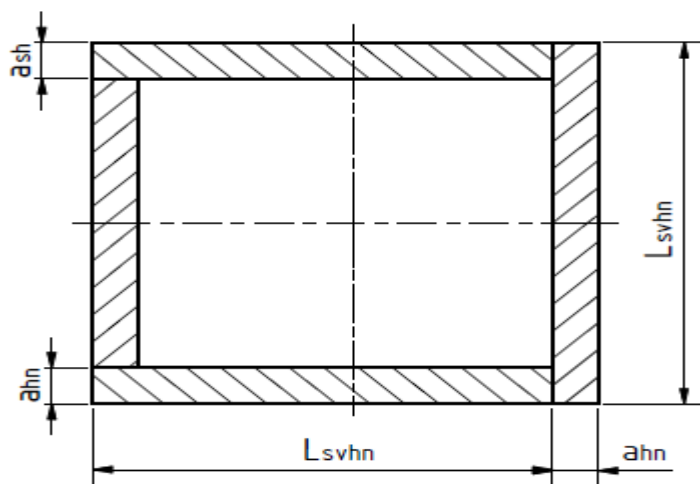
Obr.5.6 Zatížení nosníku horní plošiny

TR 4HR 60x3 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215$ [MPa] viz[11].

$$\sigma_{ohn} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{F_1 \cdot L_{hn}}{4 \cdot w_{ohn}} = \frac{2394 \cdot 1300}{4 \cdot 12380,4} = 77,3 \text{ [MPa]} < \sigma_{odov} \text{ vyhovuje} \quad (5.20)$$

$$w_{ohn} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{60 \cdot 60^3 - 54 \cdot 54^3}{6 \cdot 60} = 12380,4 \text{ [mm}^3] \quad (5.21)$$

### Kontrola svaru nosníku horní plošiny



Obr. 5.7 Sklopení svaru nosníku horní plošiny

### Kontrola na smyk

$$\tau_I^{F_1} = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_1}{2}}{S_{svhn}} = \frac{\frac{F_1}{2}}{i_{psv} \cdot l_{svhn} \cdot a_{hn} + l_{svhn} \cdot a_{hn} + (l_{svhn} - 2 \cdot a_{hn}) \cdot a_{hn}} =$$

$$= \frac{\frac{2394}{2}}{2 \cdot 52 \cdot 4 + 52 \cdot 4 + (52 - 2 \cdot 4) \cdot 4} = 1,6 \text{ [MPa]} \quad (5.22)$$

$$l_{svhn} = L_{svhn} - 2 \cdot a_{hn} = 60 - 2 \cdot 4 = 52 \text{ [mm]}$$

### Kontrola na ohyb

$$\tau_{II}^{M_{ohn}} = \frac{M_{ohn}}{w_{osvhn}} = \frac{\frac{F_1 \cdot L_{hn}}{2}}{w_{osvz}} = \frac{\frac{2493 \cdot 1300}{2}}{7722,7} = 104,9 \text{ [MPa]} \quad (5.23)$$

$$w_{osvhn} = i_{sv} \cdot \left( i_{svp} \cdot \left( \frac{a_{hn} \cdot l_{svhn}^2}{6} \right) + \left( \frac{a_{hn}^2 \cdot l_{svhn}}{6} \right) + \left( + \frac{a_{hn}^2 \cdot (l_{svhn} - 2 \cdot a_{hn})}{6} \right) \right) =$$

$$= 2 \cdot \left( 2 \cdot \left( \frac{4 \cdot 52^2}{6} \right) + \left( \frac{4^2 \cdot 52}{6} \right) + \left( + \frac{4^2 \cdot (52 - 2 \cdot 4)}{6} \right) \right) = 7722,7 \text{ [mm}^3] \quad (5.24)$$

## Výsledná bezpečnost svaru

Materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215[\text{MPa}]$  viz [11].

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{II}^{Mohr}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_I^{F1}}{k_3}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{104,9}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{1,6}{0,75}\right)^2} = 139,9[\text{MPa}] \quad (5.25)$$

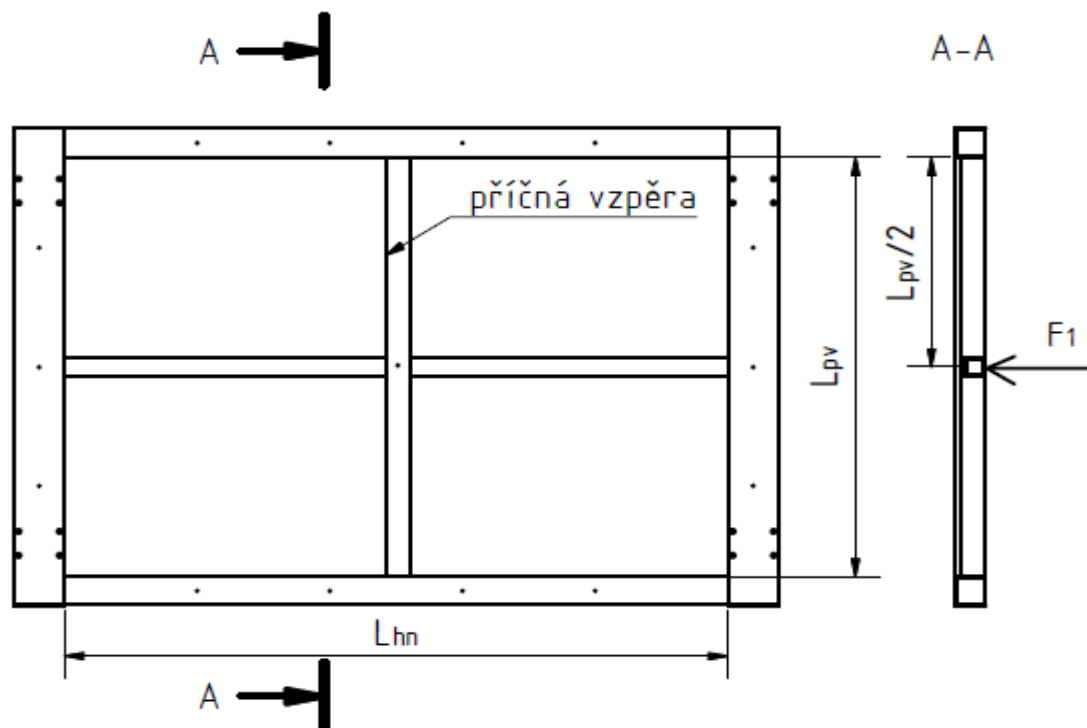
$$\sigma_{red} \leq \beta_{sz} \cdot \frac{R_{e\text{hlínik}}}{k_s} \rightarrow 138,8 \leq 1,131 \cdot \frac{215}{1,7} \rightarrow 139,8 \leq 143 \text{ vyhovuje} \quad (5.26)$$

$k_3=0,75$ , pro ruční svařování viz [13]

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot t_{hn} = 1,3 - 0,03 \cdot 5,64 = 1,131[-] \quad (5.27)$$

$$t_{hn} = 1,41 \cdot a_{hn} = 1,41 \cdot 4 = 5,64 [\text{mm}] \quad (5.28)$$

## Kontrola ohybového napětí příčné vzpěry horní plošiny



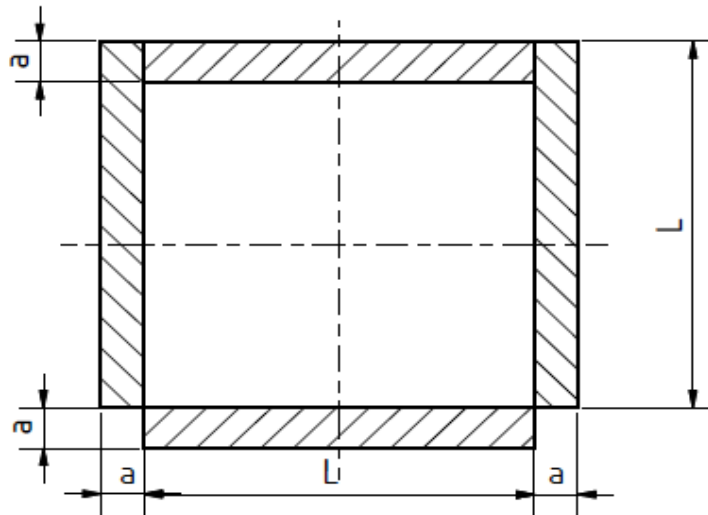
Obr. 5.8 Působení síly na příčnou vzpěru

TR 4HR 50x4 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215[\text{MPa}]$  viz[11].

$$\sigma_{opv} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{F_1 \cdot L_{pv}}{4 \cdot w_{opv}} = \frac{2493 \cdot 880}{4 \cdot 10461} = 52,4 [\text{MPa}] < \sigma_{odov} \text{ vyhovuje} \quad (5.29)$$

$$w_{opv} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{50 \cdot 50^3 - 42 \cdot 42^3}{6 \cdot 50} = 10461 [\text{mm}^3] \quad (5.30)$$

### Kontrola svaru příčné vzpěry horní plošiny



Obr. 5.9 Průřez svaru příčné vzpěry horní plošiny

### Kontrola na smyk

$$\tau_{I}^{F_1} = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_1}{2}}{S_{svhn}} = \frac{\frac{F_1}{2}}{i_{psv} \cdot l \cdot a} = \frac{\frac{2394}{2}}{2 \cdot 2 \cdot 42 \cdot 4} = 1,9 [MPa] \quad (5.31)$$

$$l = L - 2 \cdot a = 50 - 2 \cdot 4 = 42 [mm]$$

### Kontrola na ohyb

$$\tau_{II}^{M_{opv}} = \frac{M_{opv}}{w_{osvppv}} = \frac{\frac{F_1 \cdot L_{pv}}{2}}{\frac{2}{w_{osvppv}}} = \frac{\frac{2493 \cdot 880}{2}}{5152} = 104,1 [MPa] \quad (5.32)$$

$$w_{osvppv} = i_{sv} \cdot i_{svp} \cdot \left( \frac{a \cdot l^2}{6} + \frac{a^2 \cdot l}{6} \right) = 2 \cdot 2 \cdot \left( \frac{4 \cdot 42^2}{6} + \frac{4^2 \cdot 42}{6} \right) = 5152 [mm^3] \quad (5.33)$$

### Výsledná bezpečnost svaru

Materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215 [MPa]$  viz [11]

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left( \frac{\tau_{II}^{M_{opv}}}{k_3} \right)^2 + \left( \frac{\tau_I^{F_1}}{k_4} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{104,1}{0,75} \right)^2 + \left( \frac{1,5}{0,75} \right)^2} = 138,8 [MPa] \quad (5.34)$$

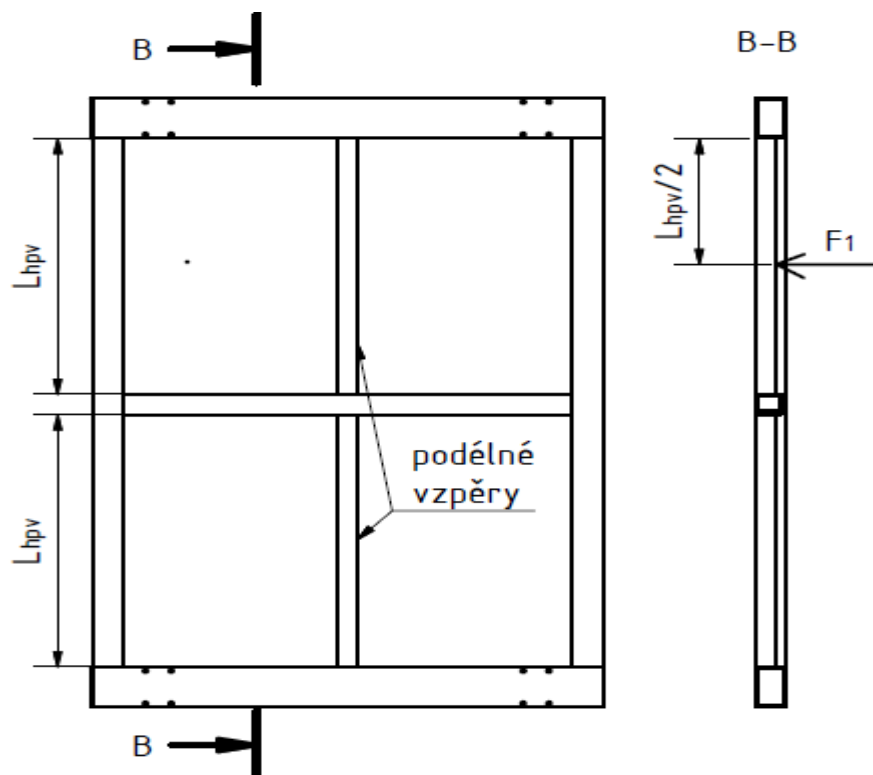
$k_3=0,75$  pro ruční svařování viz [13]

$$\sigma_{red} \leq \beta_{sz} \cdot \frac{R_{e \text{ hliník}}}{k_s} \rightarrow 138,8 \leq 1,131 \cdot \frac{215}{1,7} \rightarrow 138,8 \leq 143 \text{ vyhovuje} \quad (5.35)$$

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot t_h = 1,3 - 0,03 \cdot 5,64 = 1,131 [-] \quad (5.36)$$

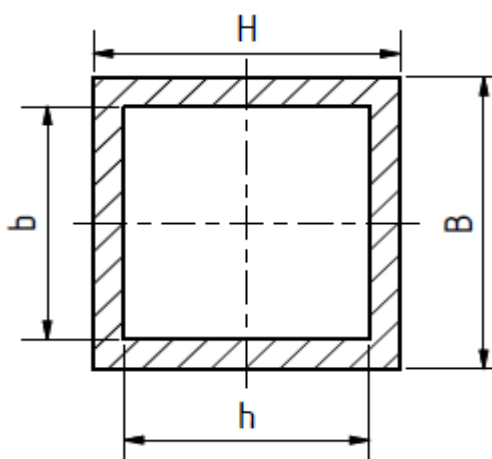
$$t_h = 1,41 \cdot a_{hn} = 1,41 \cdot 4 = 5,64 [mm] \quad (5.37)$$

## Kontrola ohybového napětí podélné vzpěry horní plošiny



Obr.5.10 Působení síly na podélnou vzpěru

TR 4HR 40x4 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215$ [MPa] viz [11].

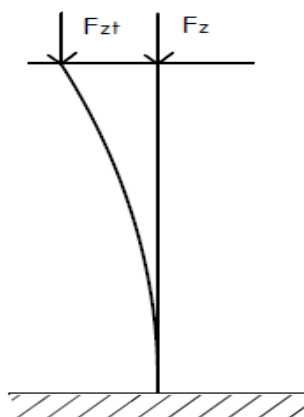


Obr. 5.11 Rozměry 4hranné trubky

$$\sigma_{ohpv} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{F_1 \cdot L_{hpv}}{4 \cdot w_{ohpv}} = \frac{2493 \cdot 625}{4 \cdot 5297,6} = 73,5 \text{ [MPa]} < \sigma_{odov} \quad \text{vyhovuje} \quad (5.38)$$

$$w_{ohpv} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{40 \cdot 40^3 - 32 \cdot 32^3}{6 \cdot 40} = 5297,6 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (5.39)$$

## 5.4 Kontrola noh plošiny na vzpěr



Obr. 5.12 schéma vzpěru  $n=1/2$

TR 4HR 40x4 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál A6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215$ [MPa]

$$I_{MIN} = I_x = I_y = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12} = \frac{40 \cdot 40^3 - 32 \cdot 32^3}{12} = 125\,952 \text{ [mm}^4\text{]} \quad (5.40)$$

$$S_n = B \cdot H - b \cdot h = 40 \cdot 40 - 32 \cdot 32 = 576 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (5.41)$$

$$i = \sqrt{\frac{I_{MIN}}{S_n}} = \sqrt{\frac{125\,952}{576}} = 14,78 \text{ [mm]} \quad (5.42)$$

$$\lambda = \frac{L_n}{i} = \frac{1250}{14,78} = 84,57 \text{ [-]} \quad (5.43)$$

$$\lambda_{mez} = \pi \cdot n \cdot \sqrt{\frac{E_{hlinik}}{\sigma_u}} = \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{68,9 \cdot 10^3}{220}} = 28,45 \text{ [-]} \quad (5.44)$$

$$L_{red} = \frac{L_n}{n} = \frac{1250}{0,5} = 2500 \text{ [mm]} \quad (5.45)$$

$$F_{krit} = \frac{\pi^2 E_{hlinik} I_{MIN}}{L_{red}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 68,9 \cdot 10^3 \cdot 125952}{2500^2} = 13703,9 \text{ [N]} \quad (5.46)$$

Výpočet síly, kterou bude noha zatížena při maximálním zatížení plošiny. Tato síla bude vypočtena s hmotností horní plošiny, hmotností schodiště a maximální zátěže. Hmotnost zatížení spočteme z rozložené maximální síly rozležené na dvě nohy podle vztahu (5.47).

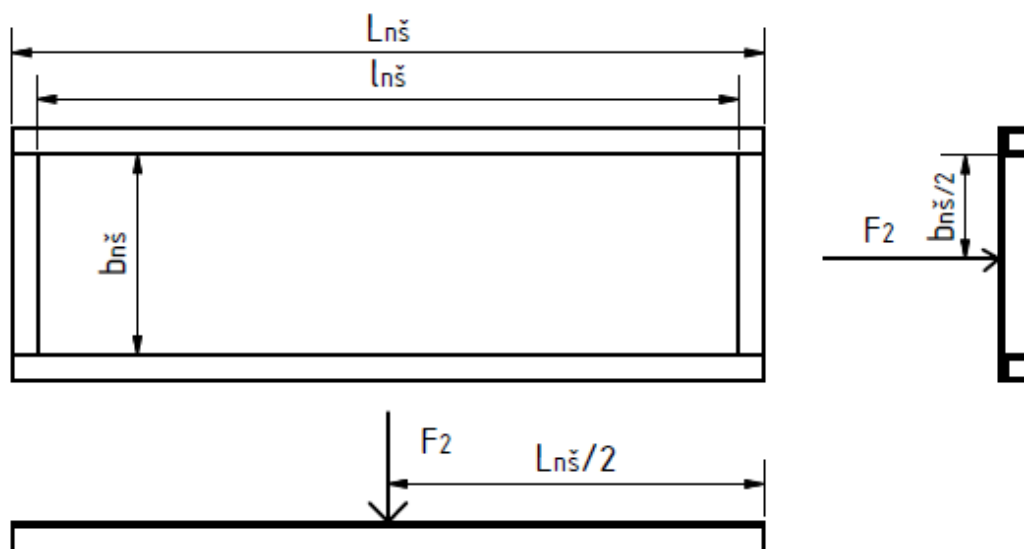
$$m_z = \frac{m_p}{4} + \frac{m_s}{2} + \frac{m_c}{2} = \frac{32,5}{4} + \frac{17,8}{2} + \frac{300}{2} = 167 \text{ [Kg]} \quad (5.47)$$

$$F_{zt} = m_z \cdot g = 167 \cdot 9,81 = 1638 \text{ [N]}$$

$$F_{krit} > F_{zt} \rightarrow 13703,9 > 1638 \text{ vyhovuje}$$



## 5.5 Kontrolní výpočty nášlapu schodiště



Obr. 5.13 nášlap schodů

### Kontrola profilu na ohyb

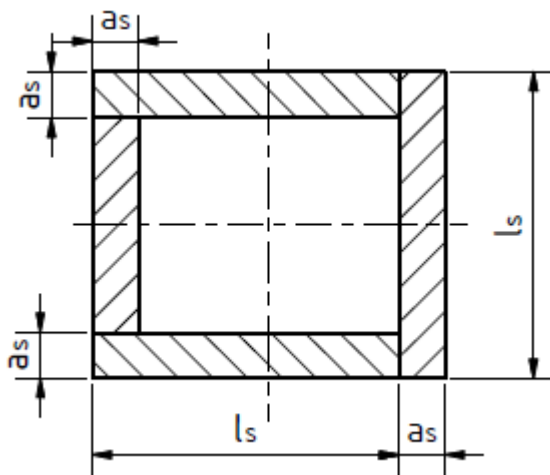
TR 4HR 30x2 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215$ [MPa]

$$\sigma_{ol\check{s}} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{\frac{F_2 \cdot L_{n\check{s}}}{2}}{4 \cdot w_{opn\check{s}}} = \frac{\frac{1471 \cdot 600}{2}}{4 \cdot 1961,2} = 56,3 \text{ [MPa]} < \sigma_{odov} \quad \text{vyhovuje} \quad (5.48)$$

$$w_{opn\check{s}} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{30 \cdot 30^3 - 26 \cdot 26^3}{6 \cdot 30} = 1961,2 \text{ [mm}^3\text{]} \quad (5.49)$$

### Kontrola svarů nášlapu schodu

Zatížení schodu viz obrázek 5.13.



Obr.5.14 Sklopený svar nášlapu schodu

### Kontrola na smyk

$$\tau_I^{F_2} = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_2}{2}}{S_{svhn}} = \frac{\frac{F_2}{2}}{i \cdot (i_{psv} \cdot l_s \cdot a_s + l_s \cdot a_s + (l_s - 2 \cdot a_s) \cdot a_s)} =$$
$$= \frac{\frac{1471}{2}}{2 \cdot (2 \cdot 26 \cdot 2 + 26 \cdot 2 + (26 - 2 \cdot 2) \cdot 2)} = 1,8 [MPa] \quad (5.50)$$

$$l_s = L_{sk} - 2 \cdot a_s = 30 - 2 \cdot 2 = 26 [mm]$$

### Kontrola na ohyb

$$\tau_{II}^{M_{o\check{s}}} = \frac{M_{o\check{s}}}{w_{osn\check{s}}} = \frac{\frac{F_2 \cdot L_{\check{s}}}{2 \cdot 2}}{2 \cdot w_{osn\check{s}}} = \frac{\frac{1471 \cdot 600}{2 \cdot 2}}{2 \cdot 956,3} = 115 [MPa] \quad (5.51)$$

$$w_{osn\check{s}} = i_{sv} \cdot \left( i_{svp} \cdot \left( \frac{a_s \cdot l_s^2}{6} \right) + \left( \frac{a_s^2 \cdot l_s}{6} \right) + \left( + \frac{a_s^2 \cdot (l_s - 2 \cdot a_s)}{6} \right) \right) =$$
$$= 2 \cdot \left( 2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 26^2}{6} \right) + \left( \frac{2^2 \cdot 26}{6} \right) + \left( + \frac{2^2 \cdot (26 - 2 \cdot 2)}{6} \right) \right) = 956,3 [mm^3] \quad (5.52)$$

### Výsledná bezpečnost svaru

Materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215 [MPa]$  viz [11].

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left( \frac{M_{o\check{s}}}{k_3} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{II}}{k_3} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{115}{0,75} \right)^2 + \left( \frac{1,8}{0,75} \right)^2} = 153,3 [MPa] \quad (5.53)$$

$$\sigma_{red} \leq \beta_{sz} \cdot \frac{R_{e \text{ hliník}}}{k_s} \rightarrow 138,8 \leq 1,2154 \cdot \frac{215}{1,5} \rightarrow 153,3 \leq 174,2 \text{ vyhovuje} \quad (5.54)$$

$k_3=0,75$  pro ruční svařování viz [13]

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot t_{l\check{s}} = 1,3 - 0,03 \cdot 2,82 = 1,2154 [-] \quad (5.55)$$

$$t_{hl\check{s}} = 1,41 \cdot a_{l\check{s}} = 1,41 \cdot 2 = 2,82 [mm] \quad (5.56)$$

### Kontrola plechu nášlapu na ohyb

P3-600x200 ČSN EN 1386 materiál AW 5754 ČSN EN 755-2  $R_e=180 [MPa]$  viz [11].

$$\sigma_{oy} = \frac{M_o}{w_{oy}} = \frac{F_2 \cdot b_{n\check{s}}}{4 \cdot w_{oy}} = \frac{1471 \cdot 160}{4 \cdot 2333,3} = 25,2 [MPa] \leq \sigma_{odov} \quad (5.51)$$

$$w_{oy} = \frac{l_{n\check{s}} \cdot t_p^2}{6 \cdot H} = \frac{560 \cdot 5^2}{6} = 2333,3 [mm^3] \quad (5.52)$$

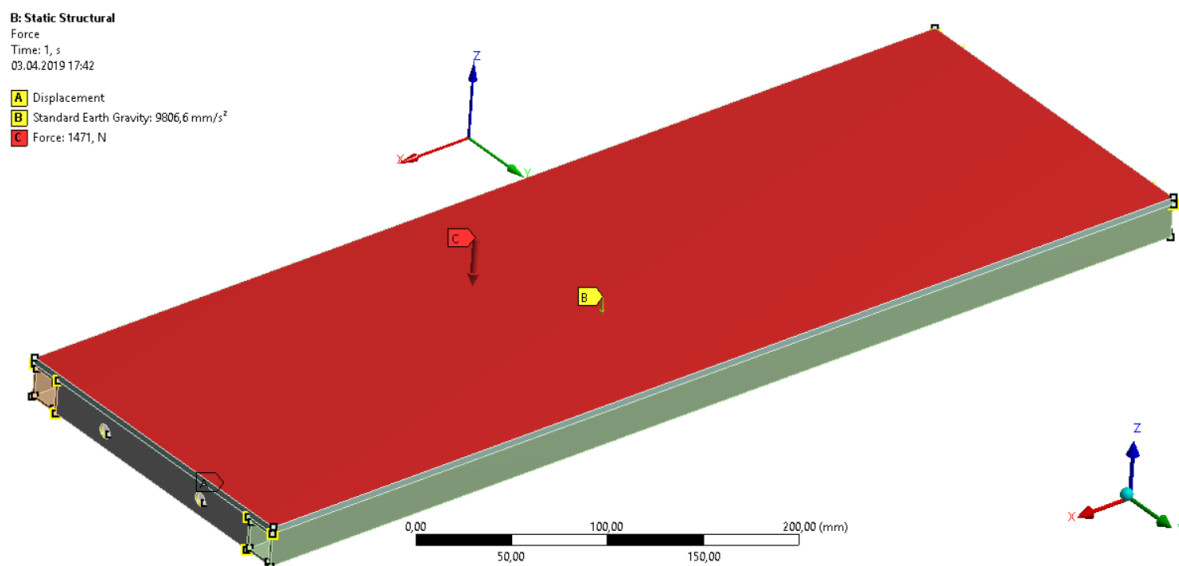
$$\sigma_{odov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{180}{1,5} = 120 [Mpa]$$

## 5.6 Pevnostní kontrola nášlapu schodů s využitím softwaru

Celá konstrukce nášlapu schodů bude kontrolována pomocí programu Ansys Workbench 19.1. Pevnostní analýza bude prováděna ve školní verzi tohoto programu, kde je omezen počet elementů a uzlů. Bylo by zajímavé zkontrolovat celou konstrukci, ale je zde omezení programu a rozsahu práce.

### Zadání okrajových podmínek a sil

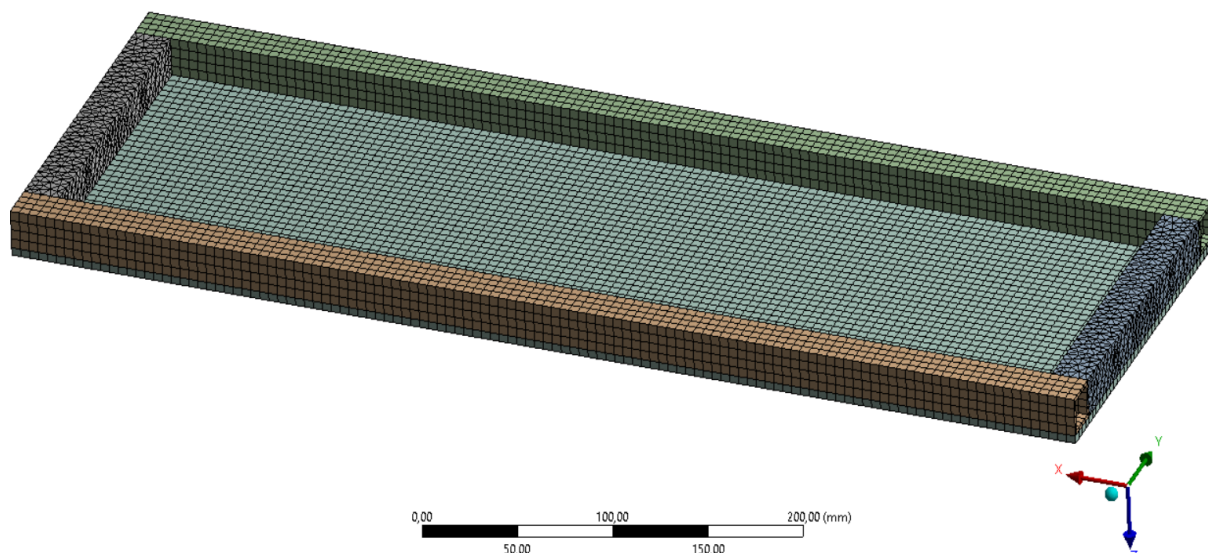
Na obrázku 5.15 je zobrazeno zadání okrajových podmínek včetně zatěžujících sil. Nášlap schodu je uchycen pomocí šroubů, zde byly zavedeny pevné vazby. Na plech schodnice bude působit síla, kterou vyvodíme nohou. Působíště této síly stanovíme odhadem. Síla tudíž působí na plochu plechu.



Obr. 5.15 Okrajové podmínky a síla na nášlap

### Konečnoprvkový model nášlapu

Pro vytvoření konečnoprvkového modelu byla použita geometrie importovaná z Inventoru. Síť bude tvořena šestistěnnými prvky. Základní velikost jednoho elementu byla stanovena na 5 mm. Tato velikost byla stanovena postupným zmenšováním sítě a sledování změny napětí. Při poslední změně velikostí elementu byla změna napětí nepatrná. Výsledný počet elementů je 14 783 a počet nodů 74 025. I když je počet nodů hluboko pod podmínkou výukového software zjemnění sítě bylo zbytečné.

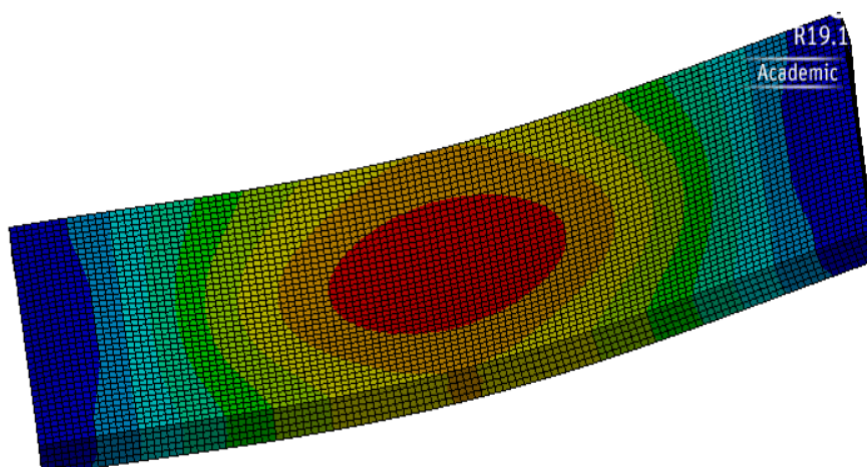
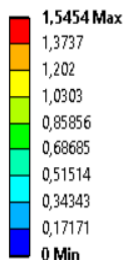


Obr. 5.16 Konečnoprvkový model nášlapu

### Vyhodnocení celkového prohnutí

Nášlap je deformován silou, která působí kolmo na něho. Tato síla způsobuje průhyb hliníkového plechu a čtyřhranných trubek. Největší průhyb byl zaznamenán uprostřed plechu a to 1,5454 mm. Ostatní deformace můžete vidět na obrázku 5.16.

B: Static Structural  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1  
05.04.2019 9:11



Obr. 5.17 Celková deformace

### Vyhodnocení redukovaného napětí

Výpočtem redukovaného napětí pomocí software na geometrii jsou vidět veškeré napětí. Největší napětí je na profilu na spodní stěně a to o velikosti 53,6 MPa. Největší napěťové špičky, které jsou na hranách nosníku a ve spojích nejsou pravdivé.

**B: Static Structural**

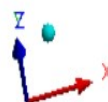
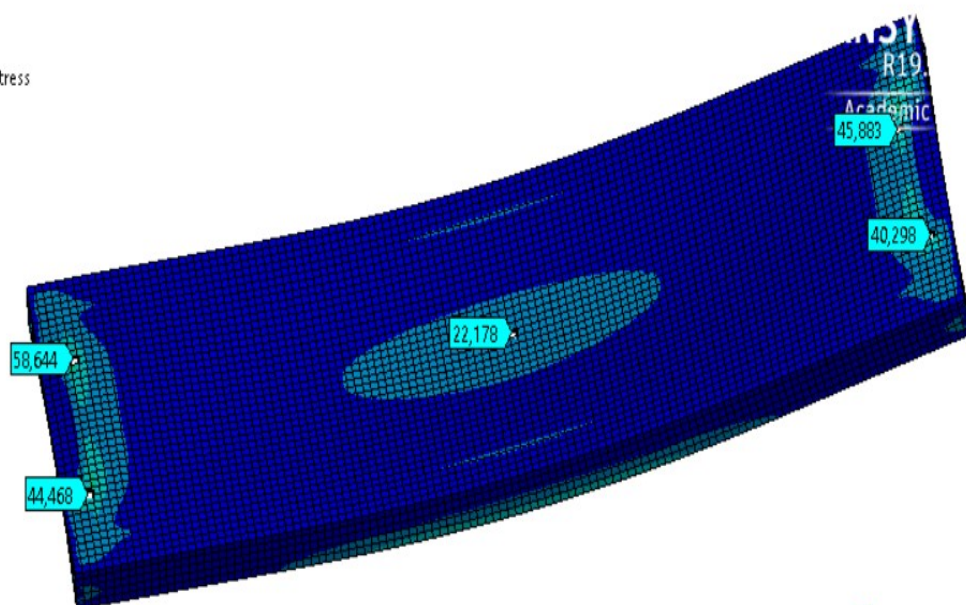
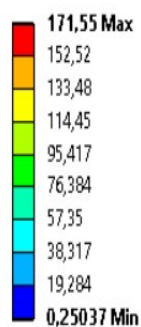
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

05.04.2019 9:20



Obr. 5.18 Výsledné napětí

**B: Static Structural**

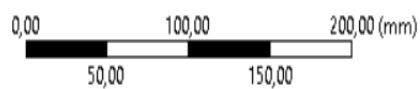
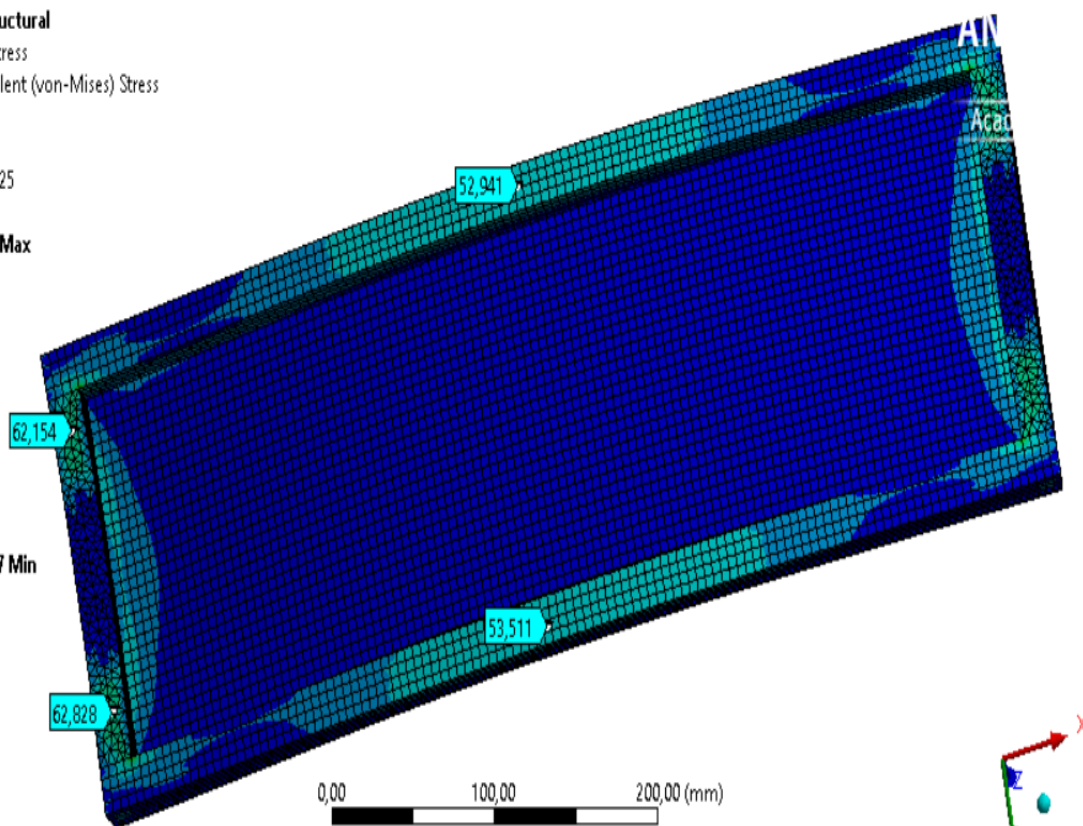
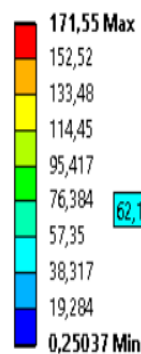
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

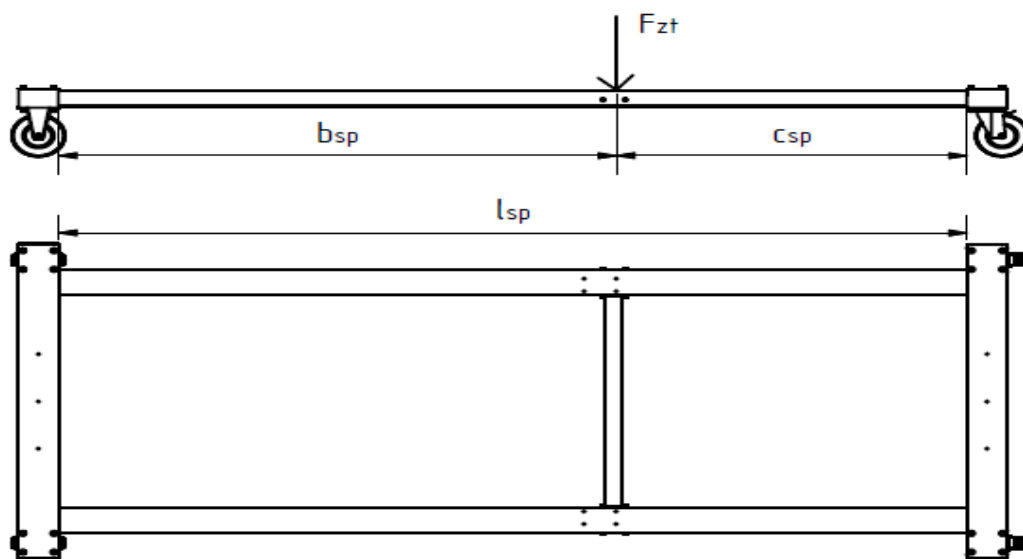
Time: 1

05.04.2019 9:25



Obr. 5.19 Výsledné napětí zespod

## 5.7 Kontrola spodního rámu



Obr. 5.20 zatížení nosníku spodní plošiny

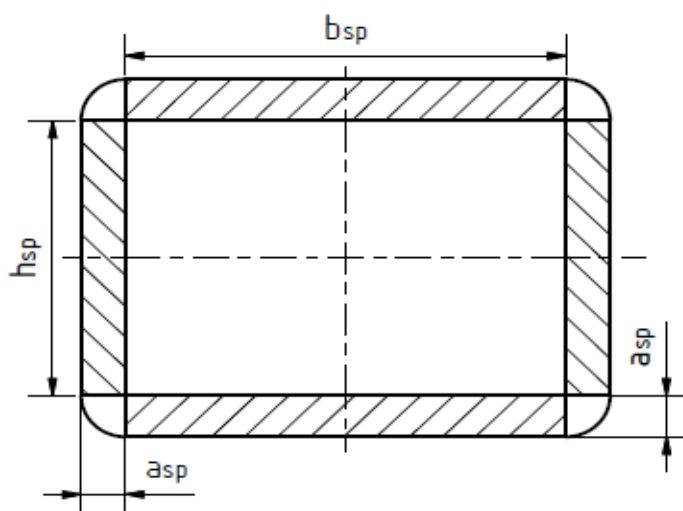
### Kontrola nosníku na ohyb

TR OBD 100x60x4 ČSN EN 755-8 viz [10], materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215[\text{MPa}]$  viz [11].

$$\sigma_{osp} = \frac{M_o}{w_o} = \frac{\frac{F_{zt} \cdot c_s \cdot b_s}{l_{sp}}}{4 \cdot w_{osp}} = \frac{\frac{1638 \cdot 1350 \cdot 915}{2265}}{24066,8} = 37,1 [\text{MPa}] < \sigma_{odov} \text{ vyhovuje} \quad (5.53)$$

$$w_{osp} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{100 \cdot 60^3 - 92 \cdot 52^3}{6 \cdot 60} = 24066,8 [\text{mm}^3] \quad (5.54)$$

### Kontrola svaru



Obr, 5.21 Průřez svaru horní plošiny

### Kontrola na smyk

$$\tau_I^{F_{zt}} = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_{zt}}{2}}{S_{svsp}} = \frac{\frac{F_{zt}}{2}}{i_{psp} \cdot l \cdot a} = \frac{\frac{1639}{2}}{2 \cdot (60 \cdot 4 + 100 \cdot 4)} = 0,6 [MPa] \quad (5.55)$$

### Kontrola na ohyb

$$\tau_{II}^{M_{osp}} = \frac{M_{ohn}}{w_{oss p}} = \frac{\frac{F_{zt} \cdot c_s \cdot b_s}{l_{sp}}}{w_{oss p}} = \frac{\frac{1639 \cdot 1350 \cdot 915}{2265}}{8192} = 109,1 [MPa] \quad (5.56)$$

$$w_{oss p} = i_{sv} \cdot i_{svp} \cdot \left( \frac{a_{sp} \cdot h_{sp}^2}{6} + \frac{a_{sp}^2 \cdot l}{6} \right) = 2 \cdot 2 \cdot \left( \frac{4 \cdot 52^2}{6} + \frac{4^2 \cdot 92}{6} \right) = 8192 [mm^3] \quad (5.57)$$

### Výsledná bezpečnost svaru

Materiál AW6060 ČSN EN 755-2  $R_e=215 [MPa]$  viz [11]

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left( \frac{\tau_{II}^{M_{osp}}}{k_3} \right)^2 + \left( \frac{\tau_I^{F_{zt}}}{k_3} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{109,1}{0,75} \right)^2 + \left( \frac{0,6}{0,75} \right)^2} = 1 [MPa] \quad (5.58)$$

$k_3=0,75$  pro ruční svařování viz [13]

$$\sigma_{red} \leq \beta_{sz} \cdot \frac{R_e \text{ hliník}}{k_s} \rightarrow 138,8 \leq 1,1308 \cdot \frac{215}{1,7} \rightarrow 145,1 \leq 143,1 \text{ vyhovuje} \quad (5.60)$$

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot t_{sp} = 1,3 - 0,03 \cdot 5,64 = 1,1308 [-] \quad (5.61)$$

$$t_{sp} = 1,41 \cdot a_{sp} = 1,41 \cdot 4 = 5,64 [mm] \quad (5.62)$$



## 6 Závěr

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem a výpočtem pojízdných schodů s pracovní plošinou. Nosnost plošiny je dimenzovaná na zátěž dvou osob. Konstrukce je navržena dle zadání.

Úvodní část je věnována přiblížení problematiky pojízdných pracovních plošin. Přiblížení zadání a stanovení cílů celé práce

Druhá kapitola se zabývá bezpečností práce osob ve výškách dle norem. Výšky zábradlí dle platné normy.

Třetí kapitola byla věnována problematice pojízdných pracovních plošin. Rozdělení pojízdných pracovních plošin dle typů konstrukcí. Tato část není obsažena v žádné odborné literatuře, proto je to rozděleno na stavebnicovou konstrukci, šroubovanou a svařovanou.

Další část se věnuje výběru vhodného řešení cele konstrukce. Po zvážení různých druhu konstrukcí byly vybrány do užšího výběru, dvě podobné řešení. Z těchto dvou variant byla vybrána jedna, díky své jednoduché smontovatelnosti v jedné osobě. Celá konstrukce bude vyrobena z hliníkových normalizovaných profilu a svařována metodou MIG131.

V páté kapitole byly provedeny pevnostní výpočty konstrukčních uzlů. Kontrola nosníku na ohyb, kontrola svaru, kontrola šroubu zábradlí. Tyto výpočty byly počítány analyticky. Všechny pevnostní výpočty vyhověly. Kontrola náslapu schodu byla prováděna v programu MKP.

Všechny cíle této práce byly splněny. V příloze jsou uvedeny výkresy sestavy a výrobní výkres spodního rámu schodů.

## 7 Použité zdroje

- [1] ČSN 270140-1 až 6.: Jeřáby a zdvihadla projektování a konstruování
- [2] ČSN 743305-1 až 6.: Ochranná zábradlí
- [3] *Výzkumný ústav bezpečnosti práce: Prevence úrazů při pracích ve výškách* [online]. [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: [https://www.vubp.cz/images/soubory/produkty/informacni-materialy-bozp/infomaterialy-bozp-cze/cze-prace\\_ve\\_vyskach.pdf](https://www.vubp.cz/images/soubory/produkty/informacni-materialy-bozp/infomaterialy-bozp-cze/cze-prace_ve_vyskach.pdf)
- [4] *FERONA a. s.: Plech listkový válcovaný za tepla, DIN 59220 // rozměr 3x1000x2000* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/34243/plech-listkovy-valcovany-za-tepla-din-59220-rozmer-3x1000x2000>
- [5] *ZARGES: Schody s plošinou, pojízdné* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.zarges.com/cz/produkty/schody-a-plosiny/schody-s-plosinou-pojizdne/>
- [6] *EMKOL Litomyšl: Schody s plošinou pojízdné* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.emkol.cz/eshop/product/schody-s-plosinou-pojizdne/>
- [7] *KAISER+KRAFT: EUROKRAFT – Schody s plošinou XXL s hliníkovými stupni* [online]. 28. 3. 2019 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.kaiserkraft.cz/zebriky-a-leseni/zebriky/schody-s-plosinou-xxl/p/M3682259/#filternames%5B%5D%3DHmotnost%20%5Bkg%5D&filtervalues%5B%5D%3D167>
- [8] *Industrial Stairs: Mobile Self Leveling Stair Work Platform – G Series* [online]. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <https://industrialstair.com/product/mobile-self-leveling-stair-work-platform/>
- [9] *B2B Partner: Transportní kolečko 125 mm, kovový disk, černá guma* [online]. [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz/transportni-kolecko-125-mm-kovovy-disk-cerna-guma/>
- [10] ČSN EN 755-8.: Hliník a slitiny hliníku - Lisované tyče, trubky a profily - Část 8: Trubky lisované komorovou matricí, mezní úchytky rozměrů a tvaru
- [11] ČSN EN 755-2.: Hliník a slitiny hliníku - Lisované tyče, trubky a profily - Část 2: Mechanické vlastnosti
- [12] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
- [13] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [14] ČSN EN 30042.: Svarové spoje hliníku a jeho svařitelných slitin zhotovené obloukovým svařováním. Směrnice pro určování stupňů jakosti

## **8 Přílohy**

- výkres sestavy plošiny
- výrobní výkres spodního rámu